

津波避難シミュレーションの開発と防災教育への適用事例

Development of tsunami evacuation simulation and its using as disaster educational program

会員外 後藤 洋三*1 会員外 印南 潤二*2
 会員外 末松 孝司*3

キーワード 津波避難 シミュレーション 防災教育
 Keyword : tsunami, evacuation, simulation, disaster education

1. はじめに

東日本大震災では、2 万人近い死者・行方不明者の被害を受けたが、2004 年のインドネシアスマトラ島沖地震インド洋大津波災害では、17 万人を超える被害者を出していた。津波に関する知識に大きな差異があったものの適切な避難行動をとらなかったことが両件の共通要因であり、防災教育の必要性は高い。

一方、(独) 科学技術振興機構 (JST) と (独) 国際協力機構 (JICA) は、2009 年より地球規模課題対応国際科学技術協力事業¹⁾を展開しており、インドネシアとは地震火山を多角的な見地から共同研究しその被害軽減策を総合的に検討する「インドネシアにおける地震火山の総合防災策」を 2009 年から 2011 年まで実施した (図 1 参照)。

著者らは、その内の「防災教育推進と意識向上」研究グループで実施された津波避難シミュレーションの開発を担当した。具体的には、津波遡上シミュレーションと避難シミュレーションを組み合わせた津波避難シミュレーションを防災教育教材・都市計画資料として開発、導入した。本稿はその成果について紹介する。

2. 教育用津波避難シミュレーションの開発概要

ここで開発したシミュレーションは、インドネシアのバンダアチェ市内 10km 四方のエリアを対象にして、そのエリア内の歩行者、バイク、自動車のエージェントを家族単位で約 4.7 万個実装しており、10 万人相当のエージェントが PC 上の道路ネットワークを避難するものである。各エージェントの行動ルールは、2010 年 4 月と 5 月にムラボー市での地震を契機に発生した大規模避難騒動を現地調査して、その結果に基づいて設定している。詳細機能は次節に記す。

開発はまず、対象を小地域に限定したプロトタイプモデルを構築し、バンダアチェ市の小、中、高校の計 7 校の生徒と防災関係職員に模擬防災教育を行った。その結果から教育効果を検証し、バンダアチェ市教育局、都市計画局、アチェ州文化観光省津波博物館のニーズをヒヤリングして、対象を全市域に拡大した。

さらに、各ユーザが避難方法を設定したエージェントがオンデマンドで他のエージェントの中を避難してその成否が判定されるシミュレーションシステムを追加開発し、PC で実行できるよう DVD に納めてバンダアチェ市の小、中、高校と市の関係部局に計 220 枚提供した。また、タッチスクリーンで容易に操作できるシステムを津波博物館に提供した。

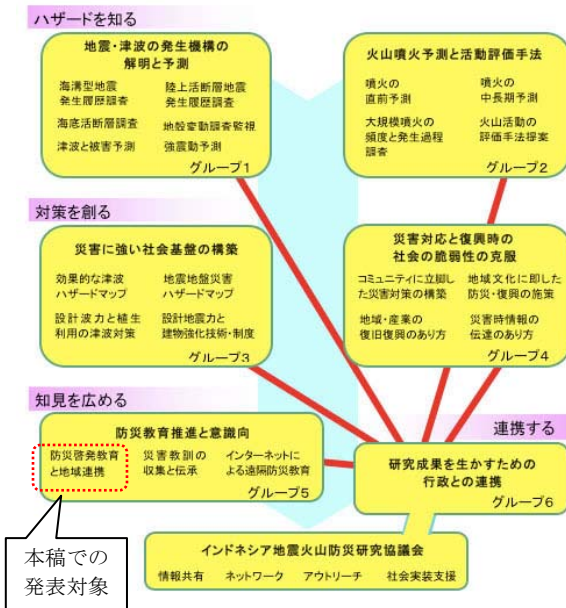


図 1 本稿の研究位置づけ

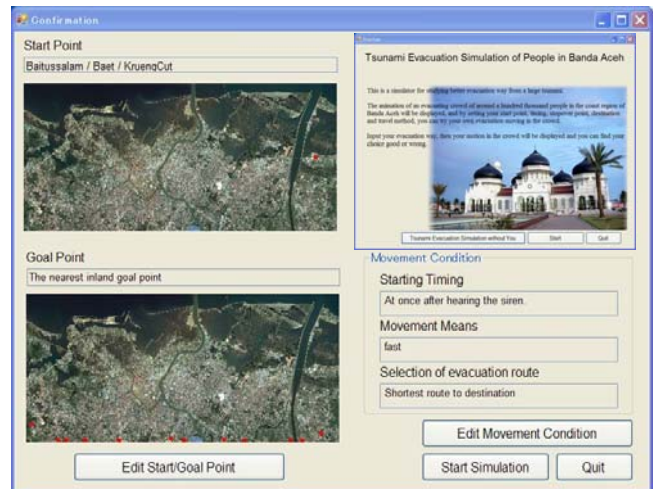


図 2 教育用津波避難シミュレーションのトップ画面

3. 開発機能1：避難行動制御機能

今回開発したマルチエージェントシミュレーション²⁾は、避難シナリオ、道路ネットワークデータと住民分布データ、津波遡上の時系列計算データにもとづいて、個々の住民避難のシミュレーションを行い、その結果を動画アニメーションで自動再生するものである。

実装した制御ルールの一例を列記する。

- ・対象時間：地震発生時から住民の避難完了まで
- ・津波発生時に住民は全て在宅
- ・地震発生後約10分後の津波警報により、約2分後に避難を開始し、一部の人は警報前に避難を開始
- ・徒歩、バイク、車による避難
- ・複数設定された避難ビルや避難可能な高い建物、主要道路内陸側に向かって最短経路を選択して移動
- ・海の方には避難しにくい設定
- ・避難場所が満員になった場合、目的地を変更
- ・避難速度は道路の混雑度合い、徒歩・バイク・車の利用手段、道路に津波が進入してきた場合の水深、家族の中の要介護者の有無、道幅によって変化
- ・犠牲者数は水深との関係でカウント（水深1m）

以上のシステムにより標準的なシナリオで実行したシミュレーション結果の一例を以下に示す。

■シミュレーションの設定

- ・避難方法割合：車17% バイク66% 徒歩17%
- ・避難タイミング：津波サイレン直後

■シミュレーション結果

- ・避難完了者数：53,111人、津波被害者数：48,134人

また、本システムの再現精度は、図らずも2012年4月11日に現地付近で起きM8.6地震後の避難混雑度がシステム予測とほぼ一致していたことが確認できた。



図3 シミュレーションシステムの出力例

4. 開発機能2：教育用オンデマンド機能

本事業の目的は、現地の児童や教職員、住民に幅広く活用できるシステムを構築し、事前の準備や防災意

識を高めてもらうことであった。そのため、以下に列記する項目を児童等が自ら操作できる簡易な設定とその結果をリアルに表示する工夫を行った。

- ① 避難開始時刻（遅い場合や迅速な行動の差）
- ② 避難開始地点（自宅や学校）
- ③ 経路中継地点（いつも混雑する所は避ける等）
- ④ ゴール地点（最寄の高台等）
- ⑤ 避難方法（遅い歩行者、速い歩行者、バイク）



図4 システム納品セレモニーでの活用状況

5. まとめと今後の展開

本稿では、インドネシア津波で起きた避難事象をベースとした教育用避難システムの開発とその活用事例を紹介した。しかし、東日本大震災直後に見られた職場から一旦帰宅後に避難する行動や交差点での交通規制、道路閉塞等の設定は未だ組み入れていない。

今後、上記設定を実装した精緻なシステムに仕上げる一方、国内の津波想定見直しに伴う避難計画の初期検討ツールとして、本成果の基本機能をデフォルト化した簡易版システム（図5）の普及活動を行っていく。



図5 簡易版津波避難シミュレーション（開発済み）の出力画面

本稿は、科学技術振興機構と国際協力機構の共同事業による地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）防災研究分野「開発途上国のニーズを踏まえた防災科学技術」領域 インドネシアにおける地震火山の総合防災策の成果の一部を掲載した。

[参考文献]

- 1) 地球規模課題対応国際科学技術協力（SATREPS）最終報告書 http://www.eri.utokyo.ac.jp/indonesia/reports/SATREPS_report_J_final.pdf, 2012
- 2) 印南潤二, 正垣隆祥, 笈文彦, 福井潔, 山田武志: 群集シミュレーション手法を活用した大規模ターミナル駅周辺の避難誘導情報の施策検討, 第45回土木計画学会研究発表会、災害情報、2012

*1 東京大学地震研究所

*2 ベクトル総研

*3 東京工業大学 人間環境システム専攻

*1 University of Tokyo, Earthquake Research Institute

*2 Vector Research Institute, Inc.

*3 Tokyo Institute of Technology, Department of Built Environment